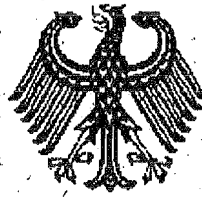


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 10 2004 011 810.8

Anmeldetag: 11. März 2004

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, 70469 Stuttgart/DE

Bezeichnung: Magnetsensoranordnung

IPC: G 01 R, G 01 D, G 01 P

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. Oktober 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A large, stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trademark Office.

Schäfer

R.307489

Magnetsensoranordnung

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Magnetsensoranordnung, insbesondere zur Sensierung der Bewegung von linear oder rotatorisch bewegten Elementen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist an sich bekannt, dass magnetfeldempfindliche Sensoren in vielen Bereichen Anwendung finden, bei denen eine berührungsfreie Detektierung einer Bewegung gewünscht ist. Dabei kann es sich sowohl um eine Rotationsbewegung als auch eine Linearbewegung handeln. Zu unterscheiden sind hier zwei grundlegend verschiedene Messprinzipien. Zum einen lässt sich durch Anbringen eines oder mehrerer magnetischer Dipole als aktive Elemente auf dem zu detektierenden Element die Bewegung direkt durch das sich zeitlich ändernde Magnetfeld am Sensorort bestimmen. Im Gegensatz dazu wird bei passiven Geberelementen, die aus einem weichmagnetischen Material bestehen, das magnetische Feld durch einen Arbeitsmagneten erzeugt, der fest mit dem Sensor verbunden ist. Der Sensor misst die Änderung des Magnetfeldes des Arbeitsmagneten, die durch die Bewegung der Geberelemente hervorgerufen wird.

Neben der an sich bekannten Hall-Technologie zur Magnetfeldmessung werden vermehrt auch bei passiven Geberelementen im Kraftfahrzeugbereich alternativ sog. XMR-

Technologien, d.h. magnetoresistive Messprinzipien, eingesetzt. Dabei ist zu beachten, dass XMR-Sensoren im Gegensatz zu Hall-Sensoren die sog. "in-plane"-Komponente des Magnetfeldes im Sensorelement detektieren. Bisher übliche XMR-Sensoren verwenden dazu einen Arbeitsmagneten, dessen Feld so abgeglichen werden muss, dass der Offset am Ort des sensitiven Elementes Null ist oder es wird ein sog. Backbias-Feld erzeugt, das den Arbeitspunkt des Sensors definiert.

Beispielsweise ist in der DE 101 28 135 A1 ein Konzept beschrieben, bei dem eine hartmagnetische Schicht in der Nähe, d.h. insbesondere auf und/oder unter einem magnetoresistiven Schichtstapel, deponiert wird. Diese hartmagnetische Schicht koppelt dann vorwiegend durch ihr Streufeld an die magnetosensitiven Schichten und erzeugt dabei ein sogenanntes Bias-Magnetfeld, das als Magnetfeld-Offset wirkt, so dass auch bei einer nur schwachen Variation eines dem internen Magnetfeld überlagerten externen Magnetfelds eine gut messbare und relativ große Veränderung des eigentlichen Messwertes, der als Widerstandsänderung in der Schichtanordnung detektiert wird, erreichbar ist.

Die zuvor beschriebenen Sensoren werden in an sich bekannter Weise zur Drehzahlerfassung, beispielsweise in der Kraftfahrzeugtechnik, oft in einer sogenannten Gradiometeranordnung ausgeführt. Das heißt je zwei Zweige einer Wheatstoneschen Messbrücke sind in vorgegebenem Abstand angeordnet, so dass ein homogenes Magnetfeld kein Brückensignal bewirkt. Eine Variation des Magnetfelds im Bereich des vorgegebenen Abstands hingegen erzeugt ein Brückensignal. Damit misst der Sensor nur das Signal eines magnetischen Polrads, dessen Polpaarabstand in etwa dem vorgegebenen Gradiometerabstand entspricht.

Durch den Einsatz des Gradiometerprinzips in einer magnetoresistiven XMR-Messbrücke lässt sich im Gegensatz zu den absolut messenden XMR-Elementen eine Reduzierung der Empfindlichkeit der Sensoren gegenüber homogenen Störfeldern erreichen. Ein Abgleich der bisher eingesetzten Magnete, so dass an beiden Orten der Sensorelemente der Gradiometeranordnung der Offset eliminiert werden kann, lässt sich hier jedoch nicht mehr durchführen; eine elektronischer Abgleich ist zwar prinzipiell möglich, aber hier ist ein relativ kleines Signal auf großem Offset vorhanden.

Vorteile der Erfindung

Bei einer Weiterbildung einer Magnetsensoranordnung der eingangs angegebenen Art weist die Magnetsensoranordnung erfindungsgemäß zwei Sensorelemente in einer Gradiometeranordnung auf, die jeweils einem von zwei in einem vorgegebenen Abstand angeordneten magnetischen Bereiche eines Spaltpermanentmagneten zugeordnet sind. Die Bereiche und der gesamte Spaltpermanentmagnet sind in vorteilhafter Weise hinsichtlich der Abmaße, der Spaltbreite sowie der Spalttiefe und ihrer Positionen zu den Sensorelementen so angeordnet, dass der Offset des Ausgangssignals der Sensorelemente in der Gradiometeranordnung minimiert ist.

Mit der Erfindung wird somit erreicht, dass die Auslegung eines Magnetkreises, der ein Arbeitsfeld für einen auf dem Gradiometerprinzip, d.h. mit einer Erfassung des Feldgradienten arbeitenden Sensors erzeugt, optimiert ist und somit einen offsetfreien Betrieb des Sensors bei Variation des magnetischen Feldes durch sich bewegende Gebererelemente, insbesondere metallische Zahnräder, ermöglicht. Dazu wurde der Magnetkreis aus zwei Bereichen zusammengesetzt, deren Felder sich so überlagern, dass die

sog. "in-plane"-Komponenten des resultierenden magnetischen Feldes an den Gradiometerpositionen soweit reduziert werden, dass sie durch den Einfluss der passiven Geberelemente um die Nulllage variieren. Somit können sehr kleine Signale offsetfrei detektiert werden.

Dies ist besonders bei sehr empfindlichen magnetoresistiven XMR-Sensoren von Vorteil, die möglichst ohne eine Offset-Korrektur einen großen Arbeitsbereich, d.h. sehr große bis sehr kleine Feldstärken, abdecken sollen. Im Vergleich zu Magnetkreisen, die aus mehreren separaten Komponenten bestehen, ist der erfindungsgemäße einkomponentige Spaltnagnet einfacher aufgebaut und kostengünstiger in der Herstellung.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform sind zwischen den Sensorelementen und den magnetischen Bereichen Homogenisierungsplatten angeordnet. Damit wird das Feld in der Ebene der Sensorelemente homogenisiert und die notwendige Positioniergenauigkeit der Sensorelemente gegenüber dem Magnetpaar zum offsetfreien Betrieb reduziert.

Vorteilhaft ist es außerdem, wenn gemäß einer weiteren Ausführungsform die Magnetisierung der Bereiche abweichend von ihrer den Sensorelementen zugewandten Längsrichtung jeweils um einen vorgegebenen Winkel α gedreht ist.

Durch diese, durch die Schräglage des Feldes bedingte Vormagnetisierung wird erreicht, dass sich die Sensorelemente in einem Magnetfeld befinden, bei dem die Sensitivität durch ein sogenanntes Bias-Feld maximal ist. Auch hierbei ist eine Anordnung von den zuvor erwähnten Homogenisierungsplatten in vorteilhafter Weise möglich.

Besonders vorteilhaft lässt sich die Erfindung bei einer Magnetsensoranordnung zur Erfassung des Drehwinkels eines Rades als Geberelement einsetzen, wobei das Rad, z.B. als

Stahlrad, an seinem Umfang mit Zähnen zur Beeinflussung des Magnetfeldes im Bereich der Magnetsensoranordnung versehen ist. Insbesondere bei einer Anwendung in einem Kraftfahrzeug ergeben sich Einsatzgebiete als Drehzahlfühler am Rad oder an der Kurbelwelle, als Phasengeber an der Nockenwelle, als Drehzahlsensor im Getriebe oder als sonstige Linearweg-, Winkel- oder Näherungssensoren, bei denen die Magnetfeldänderungen durch bewegte metallische Elemente induziert werden.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Prinzipansicht einer Magnetsensoranordnung mit zwei magnetischen Bereichen, die Bestandteil eines einkomponentigen Spaltpermanentmagneten sind und die jeweils einem magnetoresistiven Sensorelement in einer Gradiometeranordnung gegenüberliegen,

Figur 2 eine gegenüber der Figur 1 erweiterte Anordnung mit Homogenisierungsplatten,

Figur 3 ein Ausführungsbeispiel einer Magnetsensoranordnung mit zwei Einzelmagneten, die in Abwandlung zur Figur 1 ein abgewinkelt liegendes Magnetfeld aufweisen,

Figur 4 ein Ausführungsbeispiel nach der Figur 3 mit Homogenisierungsplatten entsprechend der Figur 2,

Figur 5 eine Ansicht einer Magnetsensoranordnung für ein mit Stahlzähnen versehenes Geberrad und

Figur 6 ein Diagramm des Verlaufs des Magnetfeldes in Abhängigkeit von der Position eines Zahnes bzw. einer Zahnücke des Geberrades nach der Figur 5.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist eine Prinzipansicht einer Magnetsensoranordnung 1 gezeigt, die einen als Spaltnagnet 2 ausgeführten Permanentmagneten aufweist. Der Spaltnagnet 2 weist beiderseits eines Spaltes 3 in gleicher Richtung magnetisierte Bereiche 4 und 5 auf, deren jeweiliges magnetisches Feld B mit hier angedeuteten Feldlinien in Richtung auf einen Sensor 6 ausgerichtet ist. Der Sensor 6 ist hier als XMR-Sensor ausgeführt und weist zwei magnetoresistive Sensorelemente 7 und 8 auf. Die Sensorelemente 7 und 8 sind in einer Gradiometeranordnung mit dem Gradiometerabstand GM dargestellt und erfassen die Änderungen des jeweiligen Feldgradienten, die z.B. durch ein metallisches Gebererelement, z.B. ein in Figur 5 gezeigtes Zahnrad, das an der Magnetsensoranordnung 1 vorbeigeführt wird, verursacht wird.

Die Einstellung des optimalen Arbeitspunktes des Sensors 6 erfolgt über den Abstand der Einzelmagnete 4 und 5, definiert durch die Spaltbreite s_a und die Spalttiefe s_t , zueinander und kann an den Gradiometerabstand GM der Sensorelemente 7 und 8 angepasst werden. Weiterhin hängen die Feldlinienverläufe von den Abmaßen h , b und t des Spaltnagneten 2 ab. Für einen festen Gradiometerabstand GM, z.B. 2,5 mm, kann hier beispielsweise Größe, Material und Anordnung des Spaltnagneten 2 so bestimmt werden, dass der Sensor 6 offsetfrei arbeitet und somit möglichst kleine Signale detektieren kann um wiederum einen möglichst großen Abstand zu einem Gebererelement zu erreichen.

Ohne ein außen vorbeigeführtes Geberelement, z.B. ein Zahnrad, verlaufen die magnetischen Feldlinien der Magnetsensoranordnung 1 so, dass am Ort der Sensorelemente 7 und 8 eine kleine sogenaante "in-plane"-Komponente nach außen existiert. Durch den Einsatz z.B. eines sich bewegendes Zahnrad kommt es zu einer Variation des Magnetfeldes, wobei die "in-plane"-Komponenten um die Nulllage moduliert werden und damit ein offsetfreies Signal der Gradiometeranordnung erzeugen.

Aus Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel zu entnehmen, bei dem in Abwandlung zu dem Ausführungsbeispiel nach der Figur 1 zusätzliche Homogenisierungsplatten 9 und 10 zwischen den Oberflächen der magnetischen Bereiche 4 und 5 und dem Sensor 6 angebracht sind. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird mit den Homogenisierungsplatten 9 und 10 das Feld in der Ebene des Sensors 6 homogenisiert und damit die notwendige Positioniergenauigkeit des Sensors 6 gegenüber dem Magnetpaar bzw. der Bereiche 4 und 5 zum offsetfreien Betrieb reduziert.

Bei einigen Anwendungsbeispielen mit den zuvor beschriebenen magnetoresistiven XMR-Sensorelementen 7 und 8 benötigen die Sensorelemente 7 und 8 eine konstante Vormagnetisierung. Durch diese Vormagnetisierung wird erreicht, dass sich die Sensorelemente 7 und 8 in einem Magnetfeld befinden, bei dem die Sensitivität maximal ist. Realisiert wird dieses sogenannte Bias-Feld jeweils mit einem aus Figur 3 und 4 zu entnehmenden Ausführungsbeispiel.

Wie in den Figuren 3 und 4 gezeigt, wird dies durch eine Drehung der Magnetisierung B in den Bereichen 4 und 5 um den Winkel α realisiert. Dabei lassen sich auch hier, wie zuvor beschrieben, wiederum zwei Aufbauvarianten ohne (Figur 3) und mit einer Justageverbesserung durch Homogenisierungsplatten 9 und 10 (Figur 4) realisieren.

In Figur 5 ist ein Ausschnitt eines Modells dargestellt, bei dem die erfindungsgemäße Magnetsensoranordnung 1, beispielsweise nach der Figur 1, im Zusammenhang mit einem Geberrad 11, das mit Zähnen 12 versehen ist, angewendet wird. Als Beispiel ist in einem Diagramm nach Figur 6 ein Messergebnis dargestellt. Aufgetragen ist hier die sogenannte "in-plane"-Komponente des magnetischen Feldes B_x über der Gradiometerposition relativ zur Mitte des Sensors 6, jeweils für einen Zahn 12 (Verlauf 13) und für eine Zahnücke (Verlauf 14).

Es ist hier bei einem vorgegeben konstruktiven Versuchsaufbau mit einem Gradiometerabstand GM von 2,5 mm zu erkennen, dass der Verlauf des Magnetfeldes B_x an der Sensorelementposition 1,25 mm für die zwei simulierten Positionen des Geberrades 11 (Zahn 12, Verlauf 13) und der Lücke (Verlauf 14)) symmetrisch um die Nulllage erfolgt, das heißt, dass das Signal des jeweiligen Sensorelementes 7,8 offsetfrei ist.

R.307489

Patentansprüche

1) Magnetsensoranordnung mit

- magnetfeldempfindlichen Sensorelementen (7,8) deren elektrische Eigenschaften in Abhängigkeit von einem Magnetfeld veränderbar sind, das durch ein bewegtes passives Geberelement (11) beeinflussbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- die Magnetsensoranordnung (1) zwei Sensorelemente (7,8) in einer Gradiometeranordnung aufweist, die jeweils einem von zwei in einem vorgegebenen Abstand (sa) angeordneten Bereichen (4,5) eines als Spaltmagneten (2) ausgeführten Permanentmagneten zugeordnet sind,
- wobei die magnetischen Bereiche (4,5) und der Spaltpermanentmagnet (2) hinsichtlich der Abmaße (h,b,t), der Spaltbreite (sa) sowie der Spalttiefe (st) und ihrer Positionen zu den Sensorelementen (7,8) so angeordnet sind, dass der Offset des Ausgangssignals der Sensorelemente (7,8) in der Gradiometeranordnung minimiert ist.

2) Magnetsensoranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- zwischen den Sensorelementen (7,8) und den magnetischen Bereichen (4,5) Homogenisierungsplatten (9,10) angeordnet sind.

3) Magnetsensoranordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Magnetisierung der Bereiche (4,5) abweichend von ihrer den Sensorelementen (7,8) zugewandten Längsrichtung jeweils um einen vorgegebenen Winkel (α) gedreht ist.

4) Magnetsensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Magnetsensoranordnung (1) zur Erfassung des Drehwinkels eines Rades (11) als Geberelement eingesetzt ist, wobei das Rad (11) an seinem Umfang mit Zähnen (12) zur Beeinflussung des Magnetfeldes im Bereich der Magnetsensoranordnung (1) versehen ist.

5) Magnetsensoranordnung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- das Rad (11) ein Stahlrad ist.

6) Magnetsensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Sensorelemente (7,8) magnetoresistive XMR-Sensoren sind.

R.307489

Zusammenfassung

Es wird eine Magnetsensoranordnung (1) vorgeschlagen, bei der magnetfeldempfindlichen Sensorelemente (7,8) angeordnet sind, deren elektrische Eigenschaften in Abhängigkeit von einem Magnetfeld veränderbar sind, das durch ein bewegtes passives Geberelement (11) beeinflussbar ist. Die Magnetsensoranordnung (1) weist zwei Sensorelemente (7,8) in einer Gradiometeranordnung auf, die jeweils einem von zwei in einem vorgegebenen Abstand (sa) angeordneten magnetischen Bereichen (4,5) eines als Spaltnagneten (2) ausgeführten Permanentmagneten zugeordnet sind. Die Bereiche (4,5) und der Spaltpermanentmagnet (2) sind hinsichtlich der Abmaße (h,b,t), der Spaltbreite (sa) sowie der Spalttiefe (st) und ihrer Positionen zu den Sensorelementen (7,8) so angeordnet, dass der Offset des Ausgangssignals der Sensorelemente (7,8) in der Gradiometeranordnung minimiert ist.

(Figur 1)

Fig. 1

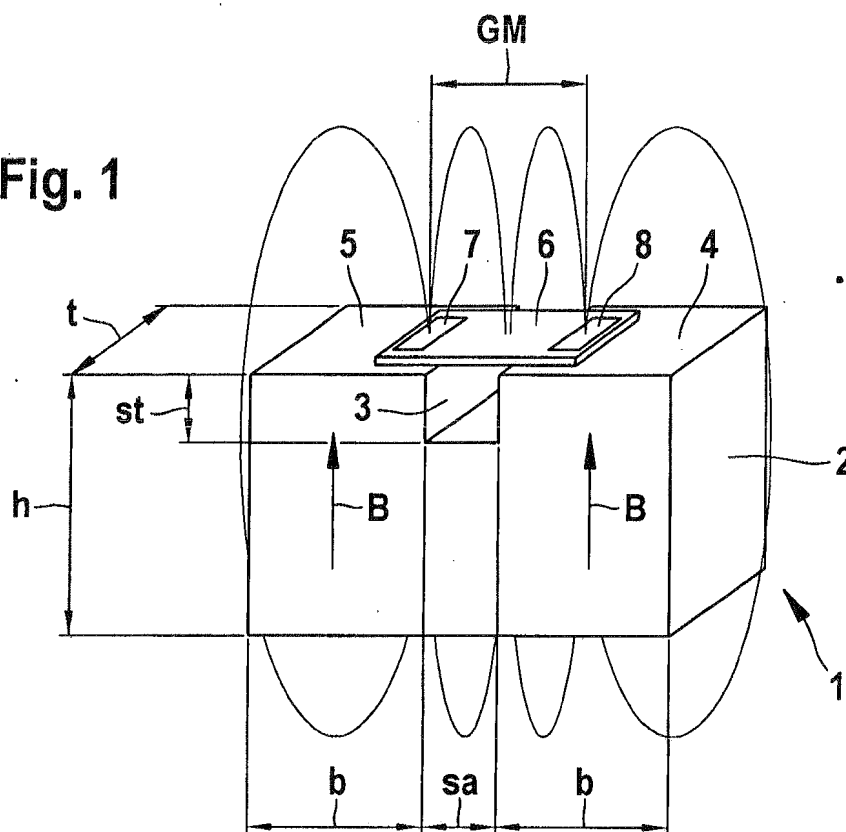


Fig. 2

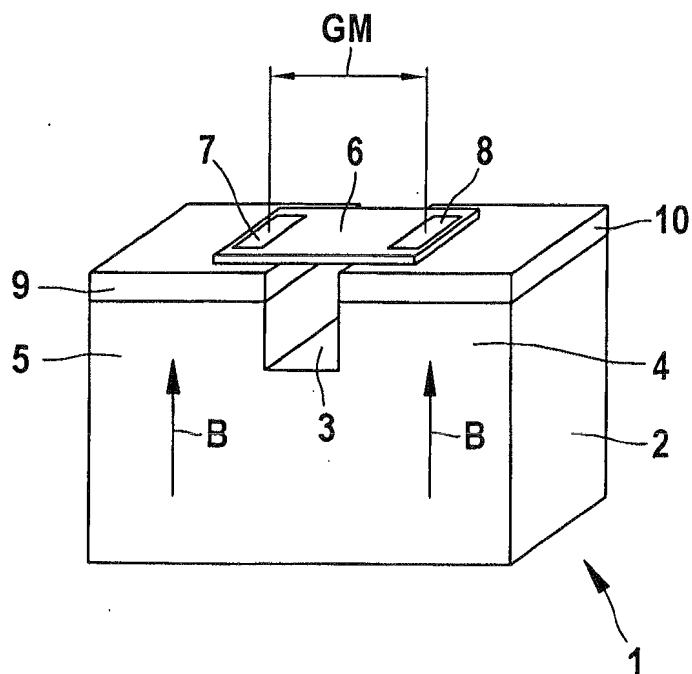


Fig. 3

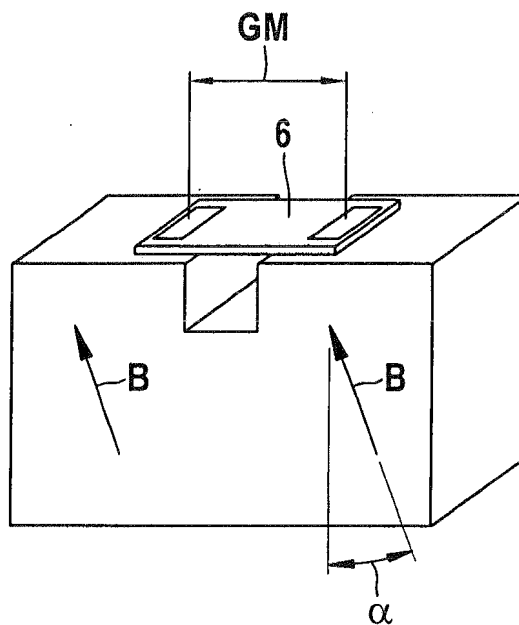


Fig. 4

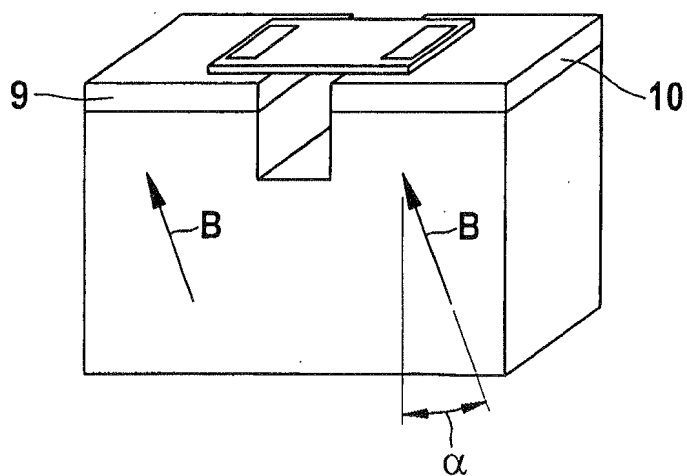


Fig. 5

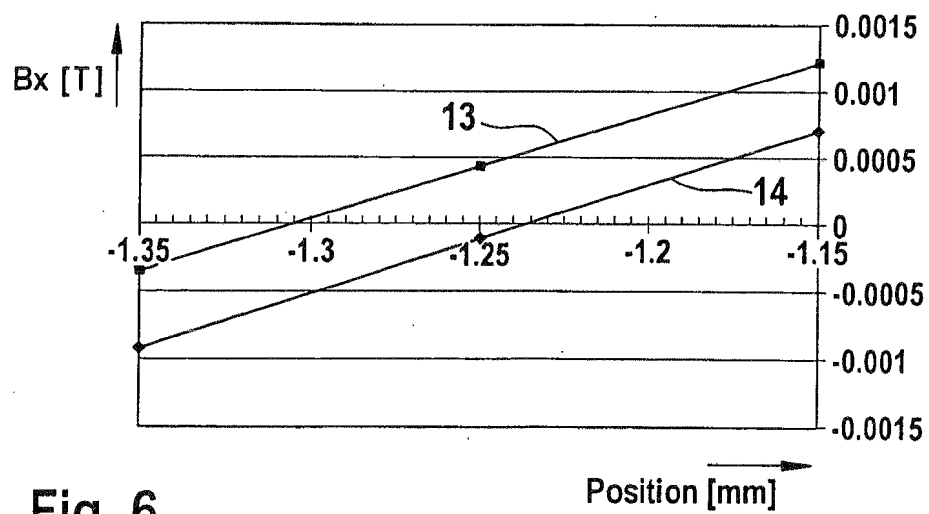
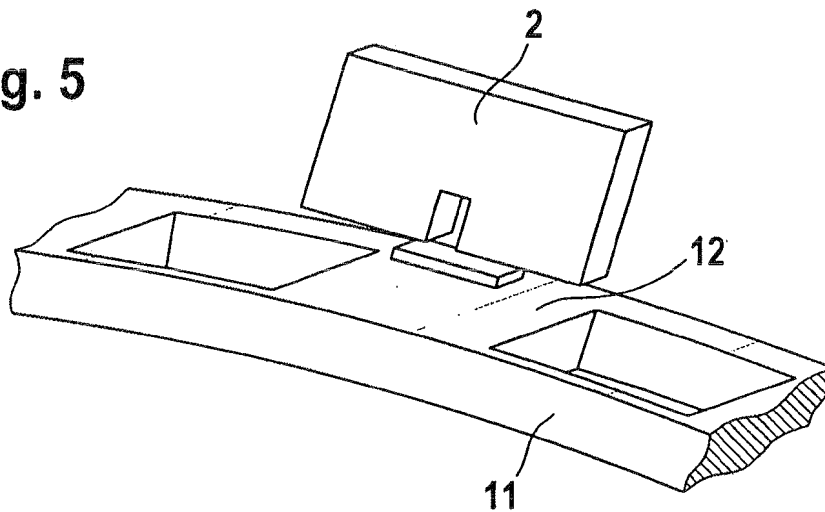


Fig. 6